

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 3. Monitorowanie deformacji terenu w obszarach górniczych
i pogórnich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

RAPORT KWARTALNY 3.3

za okres 01.07.2025 – 30.09.2025

Podstawą sporządzenia Raportu jest rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. z 2023 r. poz. 1579) oraz umowa nr 7/D/10095/2830/DGH/MP/2025 z dnia 05.03.2025 r. zawarta pomiędzy Ministerstwem Przemysłu oraz Głównym Instytutem Górnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym.

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Zbigniew Lubosik
Z-ca Dyrektora
ds. Geoinżynierii i Bezpieczeństwa
Przemysłowego

dr hab. inż. Adam Lurka prof. GIG-PIB
Kierownik Zakładu Geologii, Geofizyki
i Ochrony Powierzchni

dr inż. Bartosz Apanowicz
Kierownik Zadania

Zespół autorski:

Bartosz Apanowicz

Małgorzata Bodziony

Jarosław Chećko

Piotr Gruchlik

Andrzej Kowalski

Grzegorz Mutke

Piotr Nicer

Tomasz Urych

Zawartość raportu:

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka monitorowanego obszaru
3. Narzędzia i metody wykorzystywane w monitoringu GZW
 - 3.1. Radarowa interferometria satelitarna (InSAR)
 - 3.2. Sieć monitoringowa GZW - Globalny Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)
 - 3.3. Ocena błędów pomiarowych
4. Interpretacja wyników monitoringu
 - 4.1. Pionowe przemieszczenia powierzchni
 - 4.1.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB
 - 4.1.2. Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni wyznaczone metodą SBAS/SBAS+LD
 - 4.2. Poziome przemieszczenia powierzchni
 - 4.2.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB
5. Podsumowanie
6. Literatura

Załączniki:

1. Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS+LD, na obszarach górniczych GZW – III kwartał 2025 r., skala 1 : 100 000
2. Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS, na obszarach pogórnich GZW – III kwartał 2025 r., skala 1 : 100 000

1. Wprowadzenie

Każda podziemna ingerencja górnicza, mająca na celu wydobywanie surowców naturalnych, ma wpływ na środowisko naturalne. Powoduje powstawanie pustek w górotworze, do których, pod wpływem grawitacji, następuje przemieszczanie się mas skalnych. Efektem tego zjawiska są zniekształcenia powierzchni terenu, zwane deformacjami górniczym, określane przemieszczeniami pionowymi i poziomymi oraz ich pochodnymi (nachylenia, odkształcenia, krzywizny). Mogą występować w formie deformacji ciągłych, to jest niecek obniżeniowych lub liniowych i powierzchniowych deformacji nieciągłych to jest szczelin, stopni i zapadlisk, a także struktur z nich złożonych. Mają one destrukcyjny wpływ na powierzchnię terenu, w tym również, na infrastrukturę budowlaną (rys. 1).



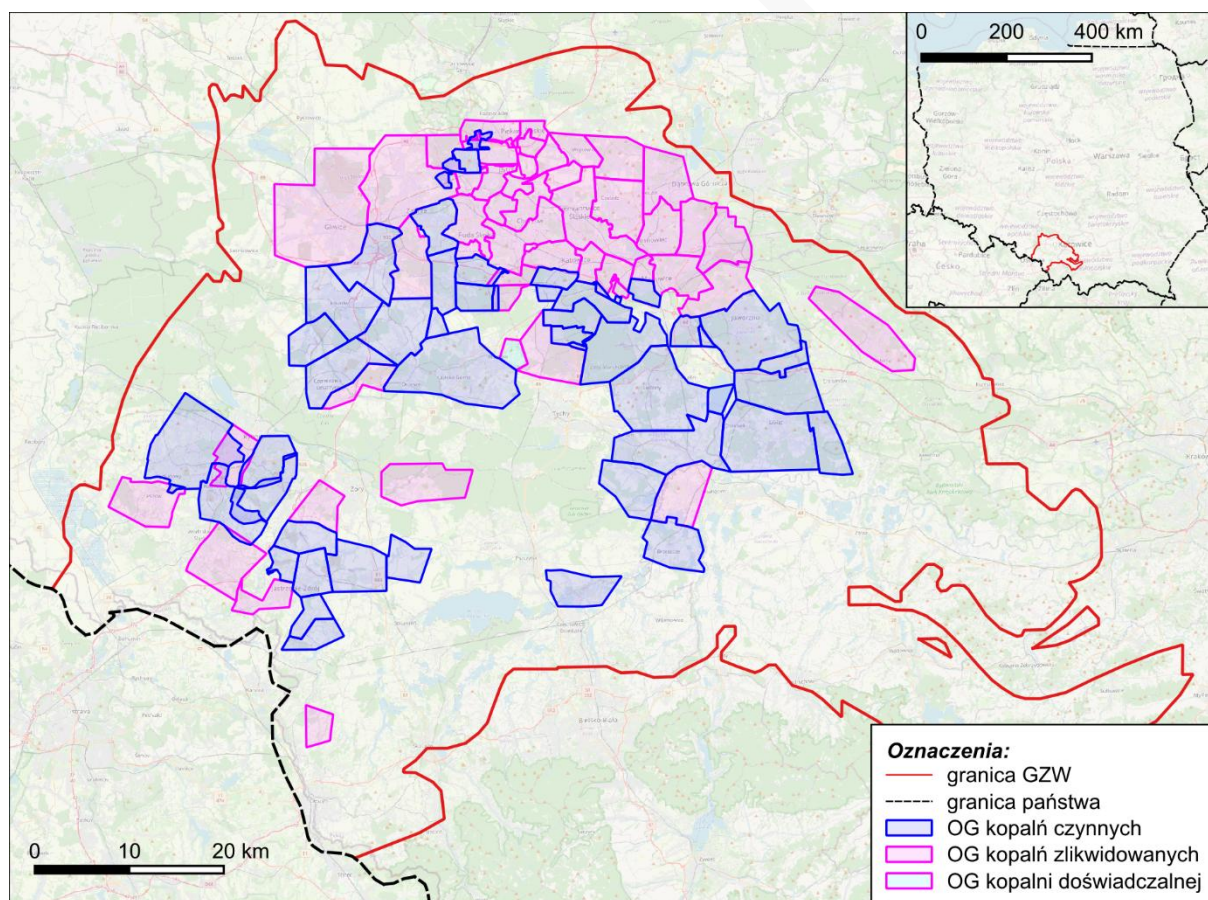
Rys. 1. Przykład deformacji powierzchni oraz zniszczeń w budynku wywołanych podziemną eksploatacją górniczą (Apanowicz 2022).

Działalność górnicza w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) prowadzona jest nieprzerwanie od średniowiecza. Początkowo eksploatowano rudy cynku i ołowiu, a od XVIII w., złoża węgla kamiennego, którego wydobywanie, w kulminacyjnym momencie, w 1979 r., wyniosło nieco ponad 200 mln Mg. Szacuje się, że na skutek eksploatacji we wszystkich obszarach górniczych GZW, w górotworze powstała pustka o średniej wysokości równej 5,5 m. Dokonana eksploatacja górnicza spowodowała liczne przekształcenia powierzchni terenu, które w niektórych rejonach GZW przekraczają 25 m w ciągu ostatnich 50 lat. Prędkość obniżenia powierzchni dochodziła nawet do 4 cm/dobę, a obecną normą są obniżenia wynoszące 1,0-1,5 m w skali roku. Problem deformacji górniczych cały czas narasta ponieważ

eksploatacja pokładów węgla kamiennego odbywa się w coraz trudniejszych warunkach geologiczno-górnictwowych i w górotworze naruszonym poprzednią działalnością. Następuje sumowanie się wpływów górniczych oraz reaktywacja starych zrobów (Kowalski 2015). Problem występowania ruchów powierzchni nie kończy się wraz z zaprzestaniem wydobywania oraz likwidacją zakładu górniczego. Badania dynamiki zmian ukształtowania powierzchni dowiodły, że około 80 % deformacji ujawnia się w trakcie eksploatacji, a pozostałe 20 % po jej zakończeniu. Proces ten szacuje się na okres około 2 – 5 lat. Później następuje wieloletni proces występowania deformacji rezydualnych (Kowalski i in. 2000) lub wypiętrzeń powierzchni powstałych na skutek zatapiania zlikwidowanych wyrobisk górniczych (Milczarek 2011).

2. Charakterystyka monitorowanego obszaru

Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW) zlokalizowane jest w południowej części Polski, w granicach administracyjnych województwa Śląskiego i Małopolskiego, oraz w północno-wschodniej części Republiki Czeskiej. Po Polskiej stronie zajmuje powierzchnię około 4250 km² (rys. 2). W granicach GZW znajduje się Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia (GZM), składająca się z 41, sąsiadujących ze sobą, miast i gmin i licząca około 2,3 mln mieszkańców.



Rys. 2. Lokalizacja monitorowanego obszaru; granice obszarów górniczych i terenów pogórnictwa kopalń GZW, stan na 2023 r.

Serię warstw geologicznych do głębokości około 3000 m tworzą utwory karbońskie, podzielone na 3 główne grupy: warstwy łęgowe (pokłady nr 100-499), warstwy siodłowe (pokłady nr 501-510) oraz warstwy brzeżne (pokłady nr 600-900). Nad karbonem zalegają warstwy nadkładu. W północnej i wschodniej części GZW nadkład tworzą warstwy triasu, jury oraz kredy, a ich miąższość dochodzi do około 200 m. W południowej i zachodniej części GZW nadkład stanowią głównie warstwy czwartorzędu i trzeciorzędu, których miąższość dochodzi do około 800 m. Górntwór zbudowany jest głównie z iłowców, mułowców oraz piaskowców. Utwory karbońskie zalegają nieregularnie w kształcie siołół i niecek geologicznych, a górntwór poprzecinany jest dużą liczbą uskokoów o wysokości zrzutu od nieprzekraczającej 2 m do kilkuset metrów. Nachylenie warstw skalnych jest zmienne i może wynosić od kilku do kilkudziesięciu stopni. Warunki hydrogeologiczne GZW są zróżnicowane i mają związek z rodzajami warstw, z których zbudowany jest nadkład. W północnej części GZW, w rejonach występowania warstw triasu, dopływy wód do wyrobisk górniczych wynoszą 10-25 m³/min. W południowej części GZW, występujące warstwy trzeciorzędu składają się z iłów i iłowców, które stanowią naturalną izolację i powodują dopływy wód w granicach 5 m³/min. Obszary te są predysponowane do powstawania zalewisk na powierzchni (Kowalski 2015).

Obecnie (stan na 2025 r.) w granicach GZW znajduje się 20 obszarów czynnych kopaliń (30 ruchów) oraz 46 zlikwidowanych. Eksploatację prowadzi się przede wszystkim systemem ścianowym z zawałem skał stropowych. Wyjątkiem jest eksploatacja prowadzona według specjalnych uwarunkowań z uwagi na ochronę powierzchni. Średnia głębokość działalności górniczej wynosi około 800 m, a wysokość eksploatowanego pokładu nie przekracza z reguły 4 m. Grube pokłady wydobywane są z podziałem na warstwy o wysokości około 2,0 – 3,5 m.

3. Narzędzia i metody wykorzystywane w monitoringu GZW

3.1. Radarowa interferometria satelitarna (InSAR)

Metody InSAR są głównym narzędziem wykorzystywanym w zadaniu do monitorowania przemieszczeń powierzchni powstałych na skutek eksploatacji górniczej. Wykorzystywane są zobrazenia satelitarne typu SLC pochodzące z satelity Sentinel 1 i udostępniane przez Europejską Agencję Kosmiczną w ramach programu Copernicus. Aktualnie, od 2022 r., satelita wykonuje zobrazenia w 12-dniowym interwale czasowym. Zobrazenia przetwarzane są jako szereg czasowy, algorytmem krótkich linii bazowych SBAS (Berardino i in. 2002), z dwóch orbit przejścia satelity (wschodzącej nr 175 i opadającej nr 51) (tab. 1). Rezultatem są dwa szeregi czasowe zawierające informacje o przemieszczeniach powierzchni w kierunku wzroku satelity LOS (line of sight). Następnie, w celu wyznaczenia pionowych przemieszczeń powierzchni, dokonywana jest dekompozycja 2D dwóch wektorów LOS w kierunku pionowymi i poziomym wschód-zachód (E-W) (Hanssen 2001). Obliczenia interferogramów oparte są na przetwarzaniu dwuprzbiegowym z wykorzystaniem oprogramowania GMTSAR (Sandwell i in. 2011), a rozwinięcie fazy wykonywane jest 2-kierunkową metodą rozwijania faz zaimplementowaną do aplikacji SNAPHU (Chen i Zebker 2002). Do korekcji fazy w odniesieniu do powierzchni terenu stosowane są dane z SRTM-1

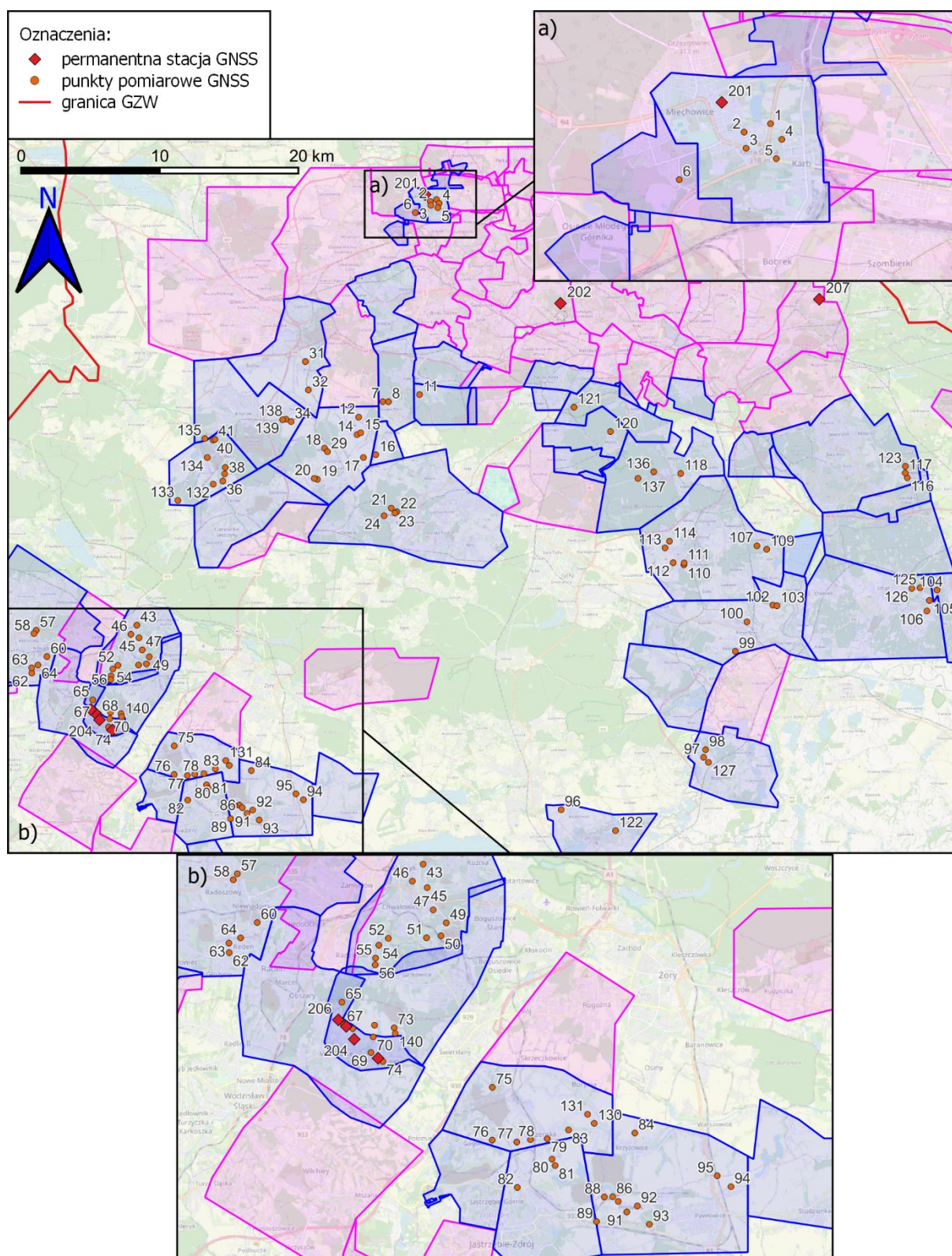
(Farr i in. 2007). W celu usunięcia niedoskonałości w postaci szumów, rozwinięta faza poddawana jest filtracji poprzez dopasowanie otrzymanych wyników do wielomianowego trendu niskiego rzędu metodą najmniejszych kwadratów i usunięcie niepasujących niedoskonałości. W tym celu wykorzystywany jest algorytm zaimplementowany do oprogramowania GMT (Wessel i in. 2019). W obliczeniach dokonywana jest również korekcja opóźnień atmosferycznych poprzez zastosowanie poprawek GACOS (Yu i in. 2020). Otrzymany końcowy szereg czasowy, zawierający informacje o przemieszczeniach powierzchni, poddawany jest dodatkowej filtracji z wykorzystaniem filtru Gaussa, w kierunku czasowym i przestrzennym. Celem tego działania jest usunięcie lokalnych zakłóceń o charakterze systematycznym i losowym, które mimo filtracji fazy i korekcji opóźnień atmosferycznych nie zostały usunięte na etapie przetwarzania obrazów satelitarnych oraz wygładzenie danych w celu poprawy spójności przestrzenno-czasowej sygnału. Działania filtrujące oraz korekcja opóźnień atmosferycznych pozwalają na redukcję błędu systematycznego, według literatury, o około 50 %, z 8 mm/rok do 4 mm/rok, co znacząco poprawia jakość i wiarygodność wyników (Berardino i in. 2020; Yu i in. 2018).

Otrzymane rezultaty końcowe są walidowane i korygowane w oparciu o pomiary GNSS autorską metodą zależności liniowych (LD) opracowaną w Głównym Instytucie Górnictwa – Państwowym Instytucie Badawczym (Apanowicz 2023).

3.2. Sieć monitoringowa GZW - Globalny Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)

W GZW zlokalizowana jest sieć punktów GNSS GIG-PIB składająca się z 7 permanentnych stacji GNSS Leica GR50 o numerach 201 - 207 oraz ze 112 punktów pomiarowych. Stacje GNSS umieszczone są na obiektach infrastruktury budowlanej. Wykonują pomiary ciągłe, w czasie rzeczywistym w 1-sekundowym interwale czasowym, metodą statyczną. Surowe dane pomiarowe przesyłane są automatycznie do GIG-PIB z wykorzystaniem łączności sieci telefonii komórkowej GSM. Postprocessing danych jest prowadzony w nawiązaniu do sieci stacji referencyjnych SmartNet Leica Geosystems za pomocą oprogramowania Leica Infinity. Dane przetwarzane są w 12-godzinnych interwale czasowym (Czarnecki 2014).

Na punktach pomiarowych wykonywane są pomiary GNSS metodą RTN, z wykorzystaniem odbiornika GNSS Leica GS18T. Na każdym punkcie pomiar wykonywany jest 3-krotnie na minimum 5 epok. Następnie obliczane są średnie współrzędne dla każdego z nich. Lokalizacja punktów pomiarowych została zaprojektowana na podstawie przemieszczeń powierzchni wyznaczonych dla I kwartału 2024 r., w miejscach potencjalnego występowania największych przemieszczeń powierzchni spowodowanych podziemną eksploatacją górnictwem. Liczba i lokalizacja punktów pomiarowych jest zmienna w czasie i aktualizowana kwartalnie w zależności od obecnie prowadzonej eksploatacji. Lokalizację punktów sieci GNSS GIG-PIB pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Lokalizacja punktów sieci GNSS GIG-PIB w granicach GZW przygotowana na potrzeby realizacji zadania.

3.3. Ocena błędów pomiarowych

Niepewność przemieszczeń powierzchni terenu, wyznaczonych algorytmem SBAS, szacowana jest na podstawie analizy reszt regresji liniowej względem czasu. Dla każdego piksela szeregu czasowego dopasowywany jest model liniowy do wartości skumulowanych przemieszczeń, traktując tempo deformacji jako składową systematyczną, a odchylenia od modelu jako losowy składnik błędu. Następnie dla każdego piksela obliczone są reszty regresji, czyli różnice między zidentyfikowanymi przemieszczeniami powierzchni, a wartościami przewidywanymi przez model. Na tej podstawie szacowany jest średni przestrzenny błąd pojedynczego pomiaru, który interpretowany jest jako niepewność pojedynczej obserwacji satelitarnej. Następnie wykonywana jest analiza całkowitej niepewności przemieszczeń terenu wyznaczonych algorytmem SBAS, uwzględniające zarówno średni przestrzenny błąd pojedynczego pomiaru oraz błąd systematyczny, który szacowany jest empirycznie na podstawie pięciu rejonów referencyjnych o wysokiej koherencji, zlokalizowanych poza terenami górniczymi i pogórnymi. Dla każdego z wyznaczonych rejonów o wymiarach 1×1 km obliczane jest średnie przemieszczenie powierzchni, które w założeniu powinno wynosić 0 mm. Jako ostateczna wartość błędu systematycznego przyjmowana jest wartość bezwzględna średniej arytmetycznej wyników uzyskanych dla wszystkich rejonów (Apanowicz i in. 2025). W przypadku średniego przestrzennego błędu pojedynczego pomiaru uwzględniana jest liczba obrazowań satelitarnych w analizowanym okresie. Natomiast błąd systematyczny traktowany jest jako składnik stały. Działania te pozwalają na wyznaczenie końcowej, skumulowanej niepewności przemieszczeń powierzchni terenu, wyznaczonych algorytmem SBAS.

Niepewność przemieszczeń powierzchni terenu, wyznaczonych algorytmem SBAS, a następnie skorygowanych metodą LD, szacowana jest niezależnie, w oparciu o pomiary GNSS niewykorzystane w procesie korekcji. Dla każdego punktu pomiarowego sieci GNSS GIG-PIB obliczane są różnice między przemieszczeniami wyznaczonymi metodą SBAS+LD, a zmierzonymi metodą RTN. Na tej podstawie określany jest średni błąd kwadratowy (RMSE) przemieszczeń powierzchni wyznaczonych metodą SBAS+LD (1):

$$m_0 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i)^2} \quad (1)$$

gdzie:

m_0 – średni błąd kwadratowy (RMSE),

n – liczba punktów porównania,

d_i – różnica między przemieszczeniami SBAS+LD i GNSS RTN w punkcie i .

Dodatkowo w przypadku błędów pomiarowych odnoszących się do metody SBAS i metody SBAS+LD określany jest również błąd zasięgu wyznaczonych niecek obniżeniowych. Obliczany jest on według zależności przedstawionej w (Apanowicz i in. 2025) jako 0,22 głębokości eksploatowanego pokładu. Przy czym, na potrzeby monitoringu, przyjmowana jest

pojedyncza wartość głębokości eksploatacji, średnia dla całego GZW, to jest 800 m (Kowalski 2015). Na koniec błąd zasięgu zaokrąglany jest do pełnych dziesiątek.

W ocenie błędów pomiarowych przemieszczeń powierzchni terenu, zmierzonych z zastosowaniem technologii GNSS (zarówno z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS jak również w przypadku pomiarów RTN wykonywanych na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB), wykorzystywana jest analiza statystyczna stabilności pomiarów względem trendu czasowego. W przypadku permanentnych stacji GNSS, stosowana jest metoda analizy reszt regresji liniowej względem czasu (podobnie jak dla danych uzyskanych algorytmem SBAS). Wartość reszt średniokwadratowych (RMS) przyjmowana jest jako estymator błędu pojedynczego pomiaru dla każdej permanentnej stacji GNSS. Dla pomiarów wykonywanych metodą RTN na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, w pierwszej kolejności obliczane są odchylenia standardowe współrzędnych X, Y oraz Z, na podstawie trzykrotnych pomiarów każdej sesji pomiarowej (z początku i z końca analizowanego kwartału). Następnie, wykorzystując różnicę średnich współrzędnych z obu sesji oraz propagację niepewności, szacowany jest błąd przemieszczeń poziomych i pionowych dla poszczególnych punktów sieci. Średni błąd pomiarowy dla wszystkich punktów w sieci obliczany jest jako średnia arytmetyczna wartości błędów wszystkich punktów. Końcowy globalny średni błąd pomiarów wykonywanych metodami GNSS, reprezentujący łączny błąd pochodzący z obu źródeł (permanentne stacje GNSS i pomiary na punktach sieci GNSS GIG-PIB), wyznaczany jest statystycznie, z uwzględnieniem niezależności źródeł błędów. Rezultatem są dwie globalne wartości błędów pomiarowych danych GNSS reprezentujące, osobno, składową poziomą i pionową.

Wyniki są syntetycznymi wskaźnikami wiarygodności przemieszczeń powierzchni terenu uzyskanych za pomocą zastosowanych technologii pomiarowych.

Błędy pomiarowe w III kwartale 2025 r.:

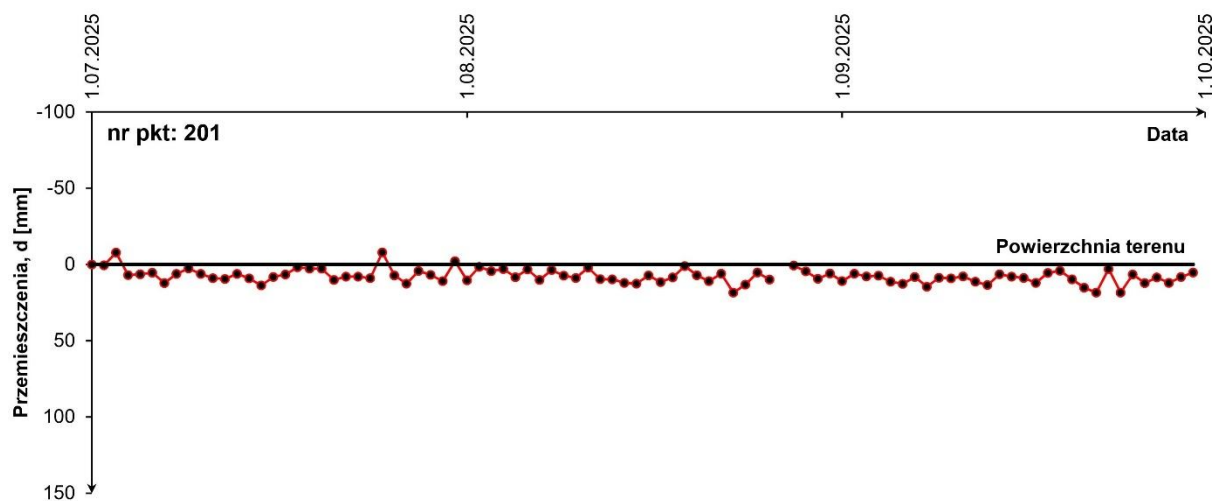
- metoda SBAS – $\pm 0,009$ m; metoda SBAS+LD – $\pm 0,023$ m;
- pomiary GNSS – pionowo: $\pm 0,009$ m, poziomo: $\pm 0,009$ m;
- zasięg niecek obniżeniowych – ± 180 m.

4. Interpretacja wyników monitoringu

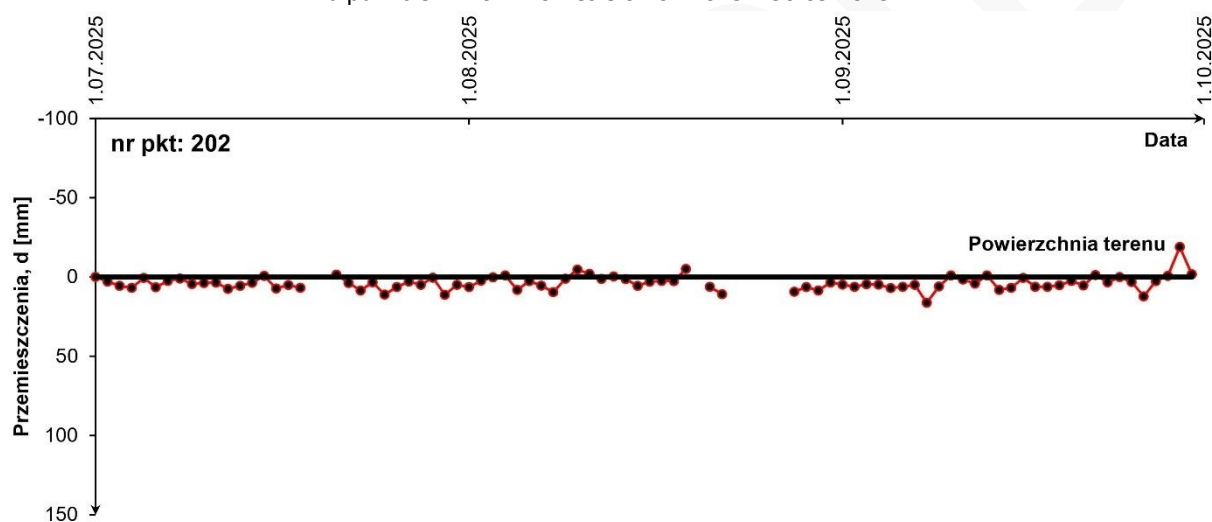
4.1. Pionowe przemieszczenia powierzchni

4.1.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB

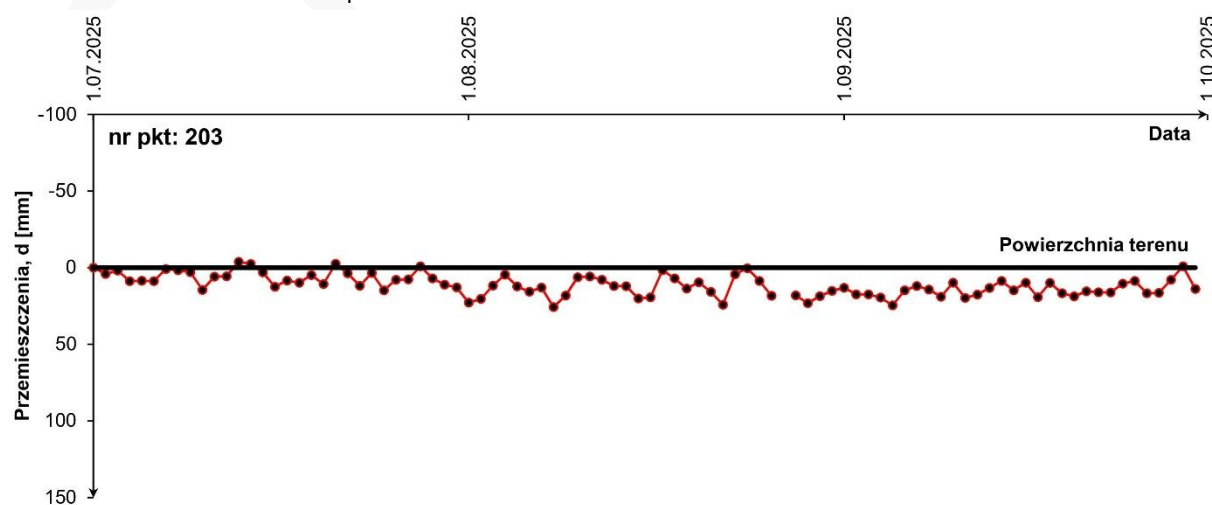
Przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB w okresie od 01.07.2025 do 30.09.2025 r. z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS przedstawiono na rysunkach 4 - 10.



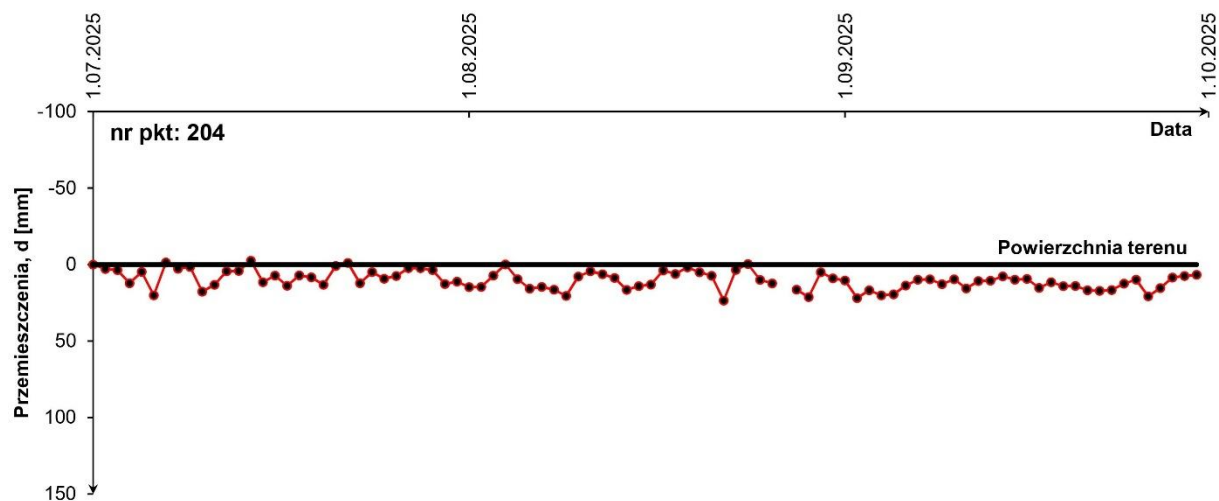
Rys. 4. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 201 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.



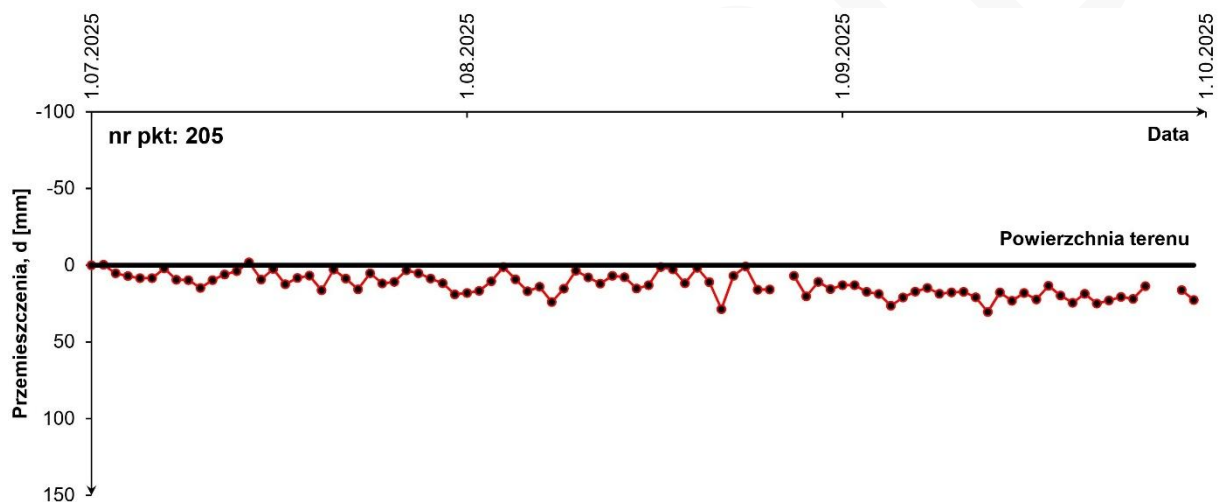
Rys. 5. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 202 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.



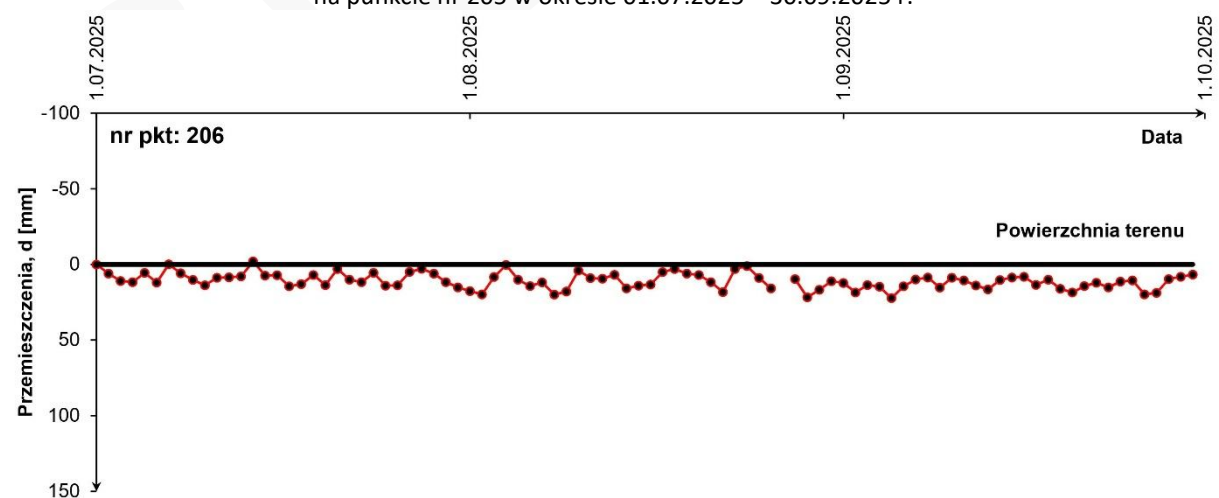
Rys. 6. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 203 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.



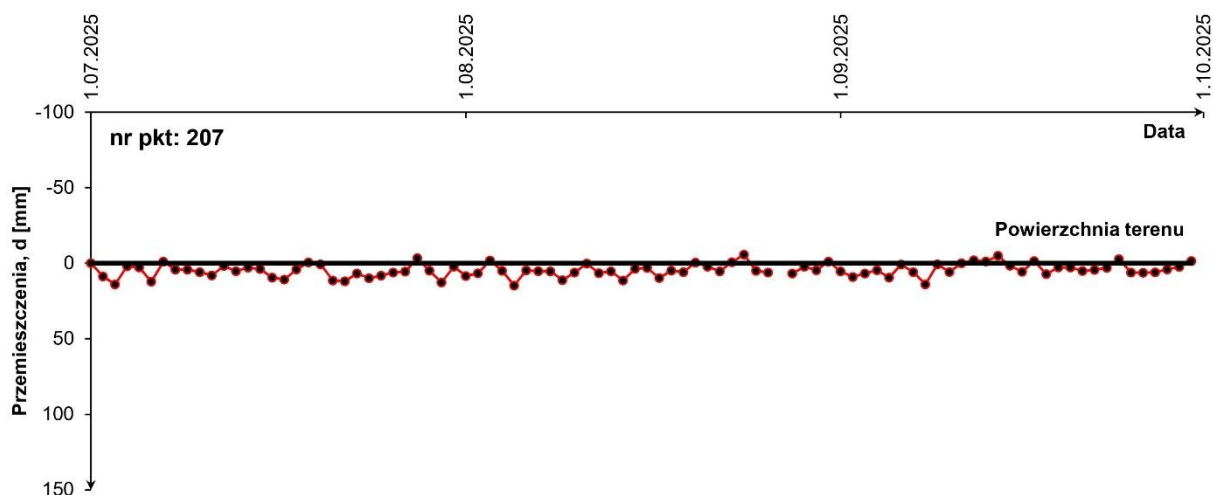
Rys. 7. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 204 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.



Rys. 8. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 205 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.



Rys. 9. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 206 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.



Rys. 10. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 207 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.

W III kwartale 2025 r. nieduże przemieszczenia powierzchni zarejestrowano na punkcie nr 205 (rys. 8). Zmierzone przemieszczenia wykazały obniżenie powierzchni terenu o około 23 mm w skali całego kwartału. Obniżanie powierzchni rozpoczęło się na końcu sierpnia i trwało do początku września. Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB nr 201, 202, 203, 204, 206 i 207 nie zarejestrowano zwiększonej aktywności powierzchni terenu w zakresie ruchów pionowych. Zmierzone skumulowane przemieszczenia dochodziły do ± 15 mm, z pojedynczymi wyjątkami przekraczającymi tą wartość. Z wykresów (rys. 4 – 7, 9, 10) wynika jednak, że zarejestrowane przemieszczenia, na przestrzeni całego kwartału, oscylowały koło 0 mm. Można zatem stwierdzić, że ww. wahania są pochodną ograniczeń dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 140, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 26-30 czerwca 2025 r. oraz 25-30 września 2025 r. Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od +79 mm (wypiętrzenie) do -486 mm (obniżenie). Największe obniżenie powierzchni, wynoszące 486 mm, miało miejsce na punkcie nr 84 zlokalizowanym w obszarze górniczym kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy ul. Śląskiej. Znaczące obniżenia powierzchni, przekraczające 100 mm, wystąpiły również na punktach nr 1, 4, 21, 37, 45, 71, 89, 93, 98, 100, 105 110, 111, 116 i 118. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG kopalni Bobrek-Piekary Ruch Bobrek, w Bytomiu, przy Alei Jana Nowaka Jeziorańskiego (DK88) (pkt nr 1) i ul. Kołtątaja (pkt nr 4),
- OG kopalni Bolesław-Śmiały, w gminie Łaziska Górne, przy ul. Torowej (pkt nr 21),
- OG kopalni Kurów-Szczygłowice Ruch Szczygłowice, w gminie Czerwionka-Leszczyny, przy ul. Granicznej (pkt nr 37),
- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku, przy ul. Świerkłańskiej (pkt nr 45),
- OG kopalni ROW Ruch Jankowice, w gminie Marklowice, przy ul. Długiej (pkt nr 71),
- OG kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice, przy ul. Dąbkowej (pkt nr 89) i ul. Wodzisławskiej (pkt nr 93),

- OG kopalni Brzeszcze, w gminie Brzeszcze, przy ul. Młyńskiej (pkt nr 98),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Piast, w Bieruniu, przy ul. Soleckiej (pkt nr 100),
- OG zakładu górniczego Janina, w gminie Libiąż, przy ul. Astronautów (pkt nr 105),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, w gminie Łęczyny, przy ul. Pokoju (pkt nr 110) i przy ul. Czesława Miłosza (pkt nr 111),
- OG zakładu górniczego Sobieski, w Jaworznie, przy ul. Cezarówka Górna (pkt nr 116),
- OG kopalni KWK Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła, w Mysłowicach, przy ul. Plebiscytowej (pkt nr 118).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano obniżenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub ogólnie przemieszczenia mieszczące się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej. Wyjątkiem jest 16 punktów pomiarowych o nr: 2, 8, 17, 52, 55, 57, 62, 63, 74, 83, 112, 113, 130, 132, 137 i 139, na których zmierzono wypiętrzenia powierzchni przekraczające 9 mm, tj. oszacowaną dokładność pomiarową. Największe wypiętrzenie, wynoszące 56 mm, miało miejsce na punkcie nr 62, zlokalizowanym w obszarze górniczym kopalni ROW Ruch Rydułtowy w gminie Radlin, przy ul. Rydułtowskiej. Na pozostałych punktach wypiętrzenia mieściły się w zakresie od 12 do 42 mm w skali kwartału.

Pionowych przemieszczeń powierzchni nie wyznaczono dla kilku punktów pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB (tab. 1) z powodu braku dostępu do punktów, a w konsekwencji nie wykonania dwóch cykli pomiarowych. Punkty nr 49, 86, 107, 120 i 126 zostały zniszczone. Punkty o nr 107, 120 i 126 wznowiono. Pozostałych punktów nie wznowiono z uwagi na brak potrzeby wykonywania na nich kolejnych pomiarów.

Szczegółowe przemieszczenia zmierzone na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Pionowe przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTN, w okresie 26-30.06.2025 – 25-30.09.2025 r.

Data pomiaru	26-30.06.2025	25-30.09.2025	Przemieszczenia, d [mm]
Nr	H [m]	H [m]	
1	274,474	274,361	-112
2	275,378	275,406	28
3	277,907	277,891	-16
4	270,248	270,038	-210
5	279,150	279,085	-65
6	280,665	280,659	-6
7	234,212	234,204	-8
8	238,184	238,226	42
11	245,712	245,706	-6
12	235,981	235,901	-80
14	252,203	252,171	-32
15	246,919	246,919	0
17	286,443	286,455	12
18	247,319	247,283	-37
19	273,115	273,094	-20

20	272,267	272,270	3
21	308,774	308,359	-415
22	315,313	315,299	-14
23	320,610	320,591	-19
24	337,183	337,150	-33
29	252,566	252,561	-5
31	212,947	212,925	-22
32	232,491	232,484	-8
34	230,713	230,721	7
36	234,625	234,603	-23
37	231,737	231,586	-151
38	226,616	226,596	-20
40	233,800	233,750	-50
41	232,959	232,891	-67
43	243,061	243,033	-28
45	250,925	250,755	-170
46	268,097	268,059	-38
47	271,748	271,746	-1
49	272,496	zniszczony**	-
50	282,904	282,899	-4
51	248,767	248,758	-8
52	237,813	237,830	17
54	244,983	244,940	-43
55	245,450	245,463	12
56	245,351	245,349	-2
57	267,297	267,322	24
58	271,015	270,999	-16
60	288,154	288,145	-8
62	279,284	279,339	56
63	295,515	295,531	17
64	292,635	292,642	6
65	275,938	275,915	-23
67	272,375	272,335	-39
68	264,620	264,564	-56
70	250,681	250,626	-56
71	251,681	251,348	-333
74	258,336	258,364	28
75	255,952	255,960	8
76	251,811	251,789	-22
77	264,965	264,974	9
78	265,845	265,807	-38
79	266,016	265,976	-40
80	271,846	271,855	9
81	267,866	267,869	3
82	278,831	278,806	-25
83	262,865	262,892	28
84	255,571	255,086	-486
86	bd*	zniszczony**	-
87	270,675	270,671	-4
88	269,028	269,022	-5
89	256,649	256,214	-435

91	271,050	271,027	-23
92	273,763	273,745	-19
93	253,073	252,970	-103
94	256,331	256,277	-55
95	268,612	268,620	7
96	251,791	251,798	7
97	237,660	237,649	-11
98	234,261	234,139	-122
99	231,292	231,254	-38
100	240,263	240,132	-131
102	241,056	241,030	-26
103	239,480	239,429	-51
104	243,199	243,150	-48
105	246,435	246,123	-312
106	259,465	259,470	5
107	246,034	246,034n***	-
109	245,337	245,303	-33
110	267,248	266,964	-284
111	269,327	269,120	-207
112	297,573	297,598	25
113	249,866	249,886	20
114	251,412	251,408	-4
116	308,193	308,077	-116
117	299,712	299,662	-50
118	254,887	254,566	-321
120	323,284	323,301n***	-
121	291,528	291,507	-21
122	236,506	236,489	-17
123	295,344	295,324	-20
125	273,875	273,808	-66
126	291,584	291,546n***	-
127	240,601	240,582	-19
130	262,087	262,117	30
131	270,943	270,947	4
132	240,083	240,098	16
133	260,091	260,069	-22
134	229,869	229,848	-20
135	227,552	227,542	-10
136	264,951	264,888	-63
137	262,096	262,135	39
138	236,616	236,615	-1
139	239,071	239,103	32
140	279,477	279,405	-72

* – brak danych – punkt niedostępny do pomiaru

** – punkt zniszczony – niewznowiony

*** – punkt zniszczony – wznowiono i zmierzono nowy punkt

4.1.2. Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni wyznaczone metodą SBAS/SBAS+LD

Obszary górnicze

W III kwartale 2025 r. zidentyfikowano 15 niecek obniżeniowych, w których obniżenia powierzchni przekroczyły 100 mm. Wymiary niecek kształtowały się w zakresie od 400 do 2000 m w kierunku północ-południe (N-S) i od 800 do 2100 m w kierunku wschód-zachód (E-W), gdzie jako granice niecki przyjęto zidentyfikowane obniżenia wynoszące 100 mm. Powierzchniowo największa niecka powstała w obszarze górniczym kopalni Brzeszcze. Jej wymiary wyniosły 1950 m (N-S) i 2100 m (E-W). Największe zidentyfikowane obniżenie wyniosło 0,42 m i miało miejsce w obszarze górniczym zakładu górniczego Janina w Libiążu, w rejonie ul. Astronautów i Dalekiej. Zidentyfikowane, wieloobszarowe pionowe przemieszczenia powierzchni przekraczające 100 mm, występujące w obszarach górniczych, wyznaczone z przetwarzania zobrażeń satelitarnych metodą SBAS+LD, przedstawiono na załączniku mapowym nr 1 do niniejszego raportu. Szczegółowe informacje o zidentyfikowanych nieckach zestawiono w tabeli 2. Ze względu na brak pomiarów referencyjnych oraz lokalnie występujący wysoki stopień zaszumienia rezultatów uzyskanych z przetwarzania zobrażeń satelitarnych metodą SBAS, nie było możliwe określenie wielkości przemieszczeń powierzchni w miejscu występowania 6 niecek obniżeniowych.

Tabela 2. Informacje dotyczące zidentyfikowanych niecek obniżeniowych w III kwartale 2025 r., w których obniżenie przekroczyło 100 mm.

L.p.	Lokalizacja	Kopalnia	Wymiary w kierunku N-S / E-W [m]	Obniżenie maksymalne, $w_{\max}$ [m]	Metoda identyfikacji
1	Bytom, rejon Alei Jana Nowaka Jeziorańskiego, ul. Frenzla i ul. Miechowickiej	Bobrek-Piekary Ruch Bobrek	1100 / 850	0,25	InSAR-SBAS+LD
2	Gierałtówce, rejon ul. Gliwickiej (DK44)	Budryk	1100 / 1300	bd*	InSAR-SBAS
3	Gierałtówce, rejon ul. Gierałtówickiej i Polnej	Budryk	600 / 1000	bd	InSAR-SBAS
4	Gierałtówce, rejon ul. Zaborskiej i Darwina	Budryk	400 / 900	0,11	InSAR-SBAS+LD
5	Gierałtówce, na południe od ul. Dworcowej (DW921)	Knurów-Szczygłowie Ruch Knurów	1100 / 1150	bd	InSAR-SBAS+LD
6	Knurów, na zachód od autostrady A1	Knurów-Szczygłowie, Ruch Knurów	1900 / 1850	bd	InSAR-SBAS
7	Knurów, rejon ul. Zwycięstwa	Knurów-Szczygłowie, Ruch	700 / 800	0,18	InSAR-SBAS+LD

		Knurów i Ruch Szczygłowice			
8	Marklowice, na północ od ul. Wyzwolenia	ROW Ruch Jankowice	550 / 800	bd	InSAR-SBAS
9	Jastrzębie-Zdrój i Pawłowice, na południe od ul. Zwycięstwa	Pniówek	2000 / 1600	bd	InSAR-SBAS
10	Pawłowice, rejon ul. Pszczyńskiej i Przemysłowej	Pniówek	750 / 950	0,15	InSAR-SBAS+LD
11	Brzeszcze, rejon ul. Nazielańce	Brzeszcze	1950 / 2100	0,41	InSAR-SBAS+LD
12	Bieruń, rejon ul. Soteckiej	Piast-Ziemowit Ruch Piast	800 / 1000	0,16	InSAR-SBAS+LD
13	Libiąż, rejon ul. Astronautów i ul. Dalekiej	ZG Janina	1350 / 1500	0,42	InSAR-SBAS+LD
14	Lędziny, rejon ul. Lędzińskiej, Jagiellońskiej i Pokoju	Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit	1900 / 1000	0,30	InSAR-SBAS+LD
15	Mysłowice, rejon ul. Piastów Śląskich	Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła	950 / 1400	0,36	InSAR-SBAS+LD

* - brak danych

Ponadto zidentyfikowano również 2 rejonu pionowych obniżen powierzchni, nie przekraczających 100 mm. Rejonu te zlokalizowane są w:

- OG kopalni Knurów-Szczygłowice Ruch Szczygłowice w Knurowie, rejon ul. Zwycięstwa i Michalskiego - $W_{\max} = 0,09$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS),
- OG kopalni Pniówek w Pawłowicach, rejon ul. Wyzwolenia (na wschód od DK81) – $W_{\max} = 0,05$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS).

Z uwagi na podwyższoną dekorelację sygnału niemożliwe było wyznaczenie wiarygodnych wielkopowierzchniowych obniżen powierzchni terenu w następujących lokalizacjach:

- OG kopalni Bolesław-Śmiały, w gminie Łaziska Górne, w okolicach ul. Torowej (nr pkt GNSS: 21),
- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku, w okolicach ul. Świerkłańskiej (nr pkt GNSS: 45),
- OG kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice, w okolicach ul. Śląskiej (nr pkt GNSS: 84) i ul. Dąbkowej (nr pkt GNSS: 89).

Jednak pomiary GNSS wykonywane metodą RTN (tab. 1) wykazały występowanie obniżen powierzchni terenu na wymienionych punktach sieci GNSS GIG-PIB. Obniżenia te mieściły się w zakresie od 0,17 do 0,49 m, co jednoznacznie wskazuje na występowanie w tych rejonach znaczących deformacji górniczych.

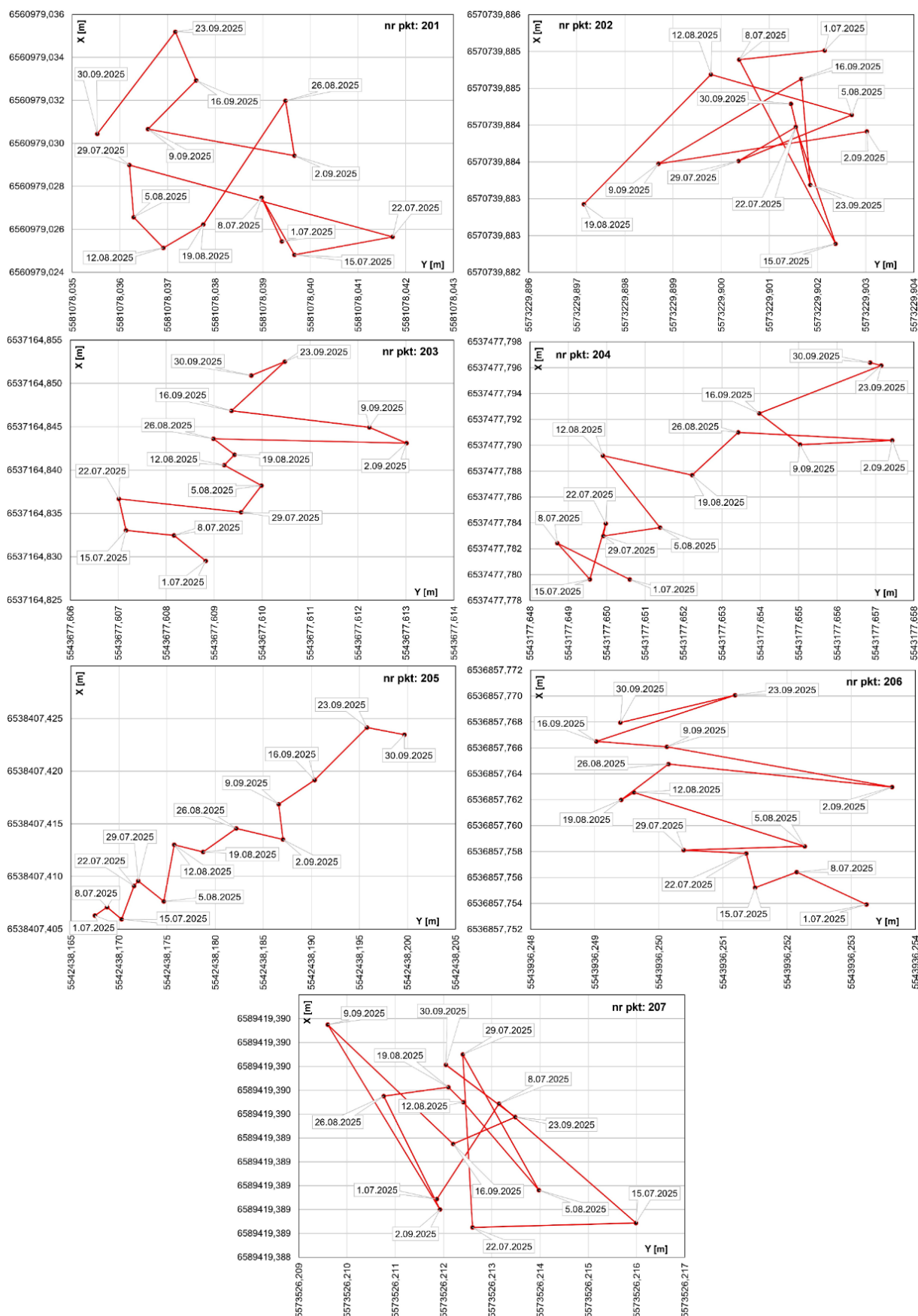
Tereny pogórnice

Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni, występujące na terenach pogórnich GZW, wyznaczone z przetwarzania obrazów satelitarnych metodą SBAS, przedstawiono na załączniku mapowym nr 2 do niniejszego raportu. Zakres zidentyfikowanych przemieszczeń powierzchni, w skali kwartału, wyniósł od -72 mm (obniżenia) do +58 mm (wypiętrzenia). Wystąpiły one głównie we wschodniej części GZW oraz w niektórych rejonach na zachodzie i południu GZW. Ich charakterystyka, rozkład powierzchniowy oraz miejsce występowania (głównie obszary zalesione lub pola uprawne) wskazują jednak na podwyższoną dekorelację sygnału, a w rezultacie, na obniżenie dokładności pomiarowej w tych miejscach, a nie na rzeczywiste ruchy powierzchni terenu będące pochodzenia górniczego. W pozostałych rejonach terenów pogórnich GZW nie zidentyfikowano ruchów powierzchni gruntu, a zarejestrowane przemieszczenia mieściły się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

4.2. Poziome przemieszczenia powierzchni

4.2.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB

Przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB w okresie od 01.07.2025 do 30.09.2025 r. z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Skumulowane poziome przemieszczenia powierzchni w 7-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, na punktach 201-207 w okresie 01.07.2025 – 30.09.2025 r.

Największe przemieszczenie poziome, wypadkowe w skali kwartału, wyniosło 36 mm w kierunku azymutu równego 62° i zostało zarejestrowane na punkcie nr 205. Przemieszczenia poziome na tym punkcie dochodziły do 7 mm dziennie, w różnych kierunkach. W tygodniowych interwałach, punkt nr 205, przemieszczał się o 1 – 7 mm w kierunku północno-wschodnim. Poziome przemieszczenia powierzchni zarejestrowano również na punktach nr 203, 204 i 206, które w skali kwartału wyniosły, odpowiednio 21, 18 i 15 mm, w kierunku azymutu równego odpowiednio, 3°, 20° i 345°. Dzielne przemieszczenia na tych punktach dochodziły do 8 mm. Na pozostałych punktach pomiarowych o nr 201, 202 i 207 również zarejestrowano przemieszczenia poziome, jednak nie przekroczyły one 6 mm w skali kwartału co mieści się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej. Można zatem uznać, że w rejonach lokalizacji punktów pomiarowych nr 201, 202 i 207 nie wystąpiły przemieszczenia poziome powierzchni w III kwartale 2025 r. Poziome przemieszczenia powierzchni wraz z ich azymutem, zarejestrowane na poszczególnych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Poziome przemieszczenia powierzchni, wypadkowe w skali kwartału oraz ich azymut, zarejestrowane na poszczególnych punktach sieci GNSS GIG-PIB, z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, w III kwartale 2025 r.

Nr pkt	Przemieszczenie poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
201	6	322
202	1	224
203	21	3
204	18	20
205	36	62
206	15	345
207	1	9

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 140, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 26-30 czerwca 2025 r. oraz 25-30 września 2025 r. Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od 1 mm do 224 mm. Największe przemieszczenie poziome, wynoszące 224 mm w kierunku azymutu równego 305°, miało miejsce na punkcie nr 21 zlokalizowanym w obszarze górniczym kopalni Bolesław-Śmiały, w gminie Łaziska Górne, przy ul. Torowej. Znaczące przemieszczenia poziome, przekraczające 100 mm, wystąpiły również na punktach nr 45, 71 i 84. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku, przy ul. Świerklańskiej (pkt nr 45),
- OG kopalni ROW Ruch Jankowice, w gminie Marklowice, przy ul. Długiej (pkt nr 71),
- OG kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice, przy ul. Śląskiej (pkt nr 84).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano poziome przemieszczenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub ogólnie mieszające się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

Poziomych przemieszczeń powierzchni nie wyznaczono dla kilku punktów pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB (tab. 4) z powodu braku dostępu do punktów, a w konsekwencji nie wykonania dwóch cykli pomiarowych lub obniżonej dokładności pomiarowej składowej poziomej, spowodowanej czynnikami zewnętrznymi. Punkty nr 49, 86, 107, 120 i 126 zostały zniszczone. Punkty o nr 107, 120 i 126 wznowiono. Pozostałych punktów nie wznowiono z uwagi na brak potrzeby wykonywania na nich kolejnych pomiarów.

Szczegółowe przemieszczenia zmierzone na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 4.

Tabela 4. Poziome przemieszczenia powierzchni, wraz z azymutem, zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTN, w okresie 26-30.06.2025 – 25-30.09.2025 r.

Data pom. Nr	26-30.06.2025		25-30.09.2025		Przemieszczenia poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
	X [m]	X [m]	X [m]	Y [m]		
1	5580721,749	6561797,346	5580721,699	6561797,353	50	172
2	5580578,847	6561353,240	5580578,855	6561353,249	12	49
3	5580308,361	6561386,257	5580308,359	6561386,264	8	102
4	5580456,514	6561985,926	5580456,543	6561985,936	31	19
5	5580132,728	6561893,574	5580132,750	6561893,579	23	13
6	5579781,139	6560264,211	5579781,147	6560264,200	14	307
7	5566144,740	6557922,772	5566144,735	6557922,774	5	162
8	5566135,979	6558330,650	5566135,972	6558330,653	7	152
11	5566651,387	6560572,397	5566651,382	6560572,406	11	114
12	5565022,282	6556178,957	5565022,305	6556179,002	50	62
14	5563759,022	6556062,084	5563759,048	6556062,080	26	350
15	5563892,924	6556325,526	5563892,943	6556325,522	19	346
17	5562110,217	6556526,186	5562110,231	6556526,187	14	4
18	5562776,017	6553718,009	5562776,021	6553718,008	3	354
19	5560533,041	6553205,680	5560533,059	6553205,640	44	294
20	5560599,640	6552982,038	5560599,627	6552982,060	25	121
21	5558454,389	6558530,412	5558454,517	6558530,229	224	305
22	5558199,259	6558936,792	5558199,277	6558936,770	28	308
23	5558103,744	6558793,643	5558103,758	6558793,644	15	4
24	5557911,609	6558019,978	5557911,641	6558019,965	35	337
29	bd*	bd*	5562530,972	6553930,734	-	-
31	5569031,117	6552335,574	5569031,106	6552335,580	13	154
32	5566983,433	6552557,711	5566983,434	6552557,731	20	86
34	5564697,422	6551307,303	5564697,401	6551307,283	29	224
36	5560414,290	6546381,165	5560414,322	6546381,188	39	35
37	5560925,000	6546510,445	5560925,022	6546510,475	37	53
38	5561387,201	6546556,718	5561387,172	6546556,738	35	146
40	5563367,127	6545681,585	5563367,131	6545681,609	24	80
41	5563421,232	6545809,126	5563421,241	6545809,129	9	22
43	5550014,536	6540167,493	5550014,480	6540167,535	70	143
45	5549096,843	6540327,302	5549096,818	6540327,181	123	258
46	5549352,292	6539750,490	5549352,226	6539750,541	83	142
47	5548229,911	6540562,801	5548229,910	6540562,801	1	180
49	5547724,462	6541073,379	zniszczony**		-	-
50	5547219,231	6540865,745	5547219,228	6540865,741	5	0

51	5547140,842	6540298,319	5547140,843	6540298,320	2	45
52	5547117,995	6538809,494	5547118,003	6538809,473	22	289
54	5546852,694	6538437,387	5546852,701	6538437,409	23	74
55	5546345,706	6538309,907	5546345,691	6538309,904	15	192
56	5546084,349	6538295,438	5546084,340	6538295,432	10	213
57	5549642,087	6532913,833	5549642,059	6532913,842	29	162
58	5549403,900	6532753,951	5549403,920	6532753,967	25	39
60	5547737,952	6533690,911	5547737,952	6533690,923	13	270
62	5546562,265	6532596,834	5546562,265	6532596,838	5	94
63	5546931,615	6532585,190	5546931,602	6532585,182	15	214
64	5547137,181	6533040,239	5547137,177	6533040,236	6	216
65	5544630,858	6537010,528	5544630,826	6537010,559	45	137
67	5543753,043	6537059,291	5543753,033	6537059,304	16	127
68	5543593,356	6537421,557	5543593,360	6537421,582	25	82
70	5543271,132	6538218,370	5543271,176	6538218,382	45	15
71	5543727,012	6538271,368	5543727,097	6538271,286	118	316
74	5542309,082	6538595,555	5542309,109	6538595,562	28	14
75	5541301,317	6542872,381	5541301,306	6542872,374	13	214
76	5539239,896	6542867,753	5539239,873	6542867,736	28	215
77	5539162,575	6543826,419	5539162,548	6543826,421	27	176
78	5539258,404	6544359,034	5539258,344	6544359,031	59	183
79	5539297,928	6545013,096	5539297,885	6545013,097	43	178
80	5538496,911	6545204,078	5538496,935	6545204,071	25	344
81	5538248,248	6545322,399	5538248,255	6545322,395	8	330
82	5537390,684	6543845,333	5537390,708	6543845,348	28	32
83	5539634,555	6545846,548	5539634,545	6545846,548	10	178
84	5539518,813	6548433,679	5539518,784	6548433,515	166	260
86	bd*	bd*	zniszczony**		-	-
87	5536847,543	6547786,479	5536847,548	6547786,488	10	59
88	5537020,084	6547242,640	5537020,122	6547242,646	39	9
89	5536057,859	6546939,165	5536057,772	6546939,162	87	182
91	5536432,216	6548122,157	5536432,210	6548122,178	22	105
92	5536671,735	6548533,948	5536671,720	6548533,958	17	145
93	5535952,758	6549004,864	5535952,822	6549004,924	88	43
94	5537419,525	6552182,677	5537419,532	6552182,691	15	63
95	5537846,977	6551653,500	5537846,973	6551653,506	7	120
96	5536695,897	6570789,512	5536695,877	6570789,505	21	201
97	5540476,873	6581073,009	5540476,882	6581073,002	11	317
98	5541025,039	6581213,871	5541024,981	6581213,936	87	131
99	5548123,756	6583357,924	5548123,682	6583357,878	87	212
100	5550258,310	6584200,325	5550258,345	6584200,310	38	337
102	5551458,162	6586068,603	5551458,153	6586068,615	15	126
103	5551409,887	6586361,173	5551409,896	6586361,194	23	66
104	5552549,581	6597916,420	5552549,570	6597916,419	11	187
105	5551798,953	6597364,724	5551799,009	6597364,746	61	21
106	5551035,374	6597183,418	5551035,381	6597183,405	14	299
107	5555738,909	6584920,504	5555738,901n ***	6584920,511n ***	-	-
109	5555487,339	6585623,348	5555487,335	6585623,331	18	256
110	5554362,045	6579646,559	5554362,068	6579646,582	33	45
111	5554503,025	6579667,855	5554503,002	6579667,858	23	171

112	5554519,284	6578878,966	5554519,269	6578878,995	33	118
113	5555589,434	6578287,313	5555589,442	6578287,296	19	295
114	5556068,023	6578610,879	5556068,016	6578610,899	22	109
116	5560651,333	6595763,655	5560651,343	6595763,652	10	343
117	5560993,454	6595620,716	5560993,438	6595620,728	19	144
118	5560960,888	6579423,176	5560960,980	6579423,197	94	13
120	5563977,233	6574352,096	5563979,375n ***	6574355,693n ***	-	-
121	5565739,794	6571714,073	5565739,790	6571714,102	29	98
122	5535186,904	6574715,930	5535186,901	6574715,918	12	256
123	5561474,807	6595624,899	5561474,805	6595624,895	4	231
125	5552709,298	6596685,785	5552709,322	6596685,784	24	358
126	5552663,653	6596099,270	5552663,701n ***	6596099,161n ***	-	-
127	5540113,178	6581420,064	5540113,182	6581420,042	22	279
130	5539894,474	6546849,752	5539894,483	6546849,757	10	27
131	5540247,888	6546589,363	5540247,895	6546589,372	11	54
132	5560184,579	6545683,499	5560184,581	6545683,500	2	31
133	5559014,004	6543137,631	5559014,016	6543137,677	48	75
134	5562106,594	6545253,742	5562106,646	6545253,754	54	13
135	5563466,386	6545073,833	5563466,385	6545073,841	8	92
136	5561078,938	6577471,299	5561078,950	6577471,309	16	42
137	5560601,038	6576335,712	5560601,030	6576335,706	10	218
138	5564873,952	6550939,959	5564873,918	6550939,959	34	181
139	5564831,717	6550693,331	5564831,682	6550693,349	39	151
140	5543406,489	6539080,684	5543406,439	6539080,651	60	213

* – brak danych – punkt niedostępny do pomiaru/obniżona dokładność podczas pomiaru

** – punkt zniszczony – niewznowiony

*** – punkt zniszczony – wznowiono i zmierzono nowy punkt

5. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych w raporcie wyników oraz ich interpretacji można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Na obszarach górniczych GZW, w III kwartale 2025 r., zidentyfikowano 17 obszarów, w których wystąpiły pionowe wielkoobszarowe obniżenia powierzchni. W tym 15 obszarów zidentyfikowano jako niecki obniżeniowe, w których obniżenia przekroczyły 100 mm. Rozmiar niecek obniżeniowych mieścił się w zakresie od 400 m do 2000 m w kierunku północ-południe oraz od 800 m do 2100 m w kierunku wschód-zachód, gdzie jako granice niecki przyjęto zidentyfikowane obniżenia wynoszące 100 mm. Największe zidentyfikowane obniżenie powierzchni, w nieckach obniżeniowych, wyniosło 0,42 m i miało miejsce w Libiążu, w rejonie ul. Astronautów i Dalekiej. Największe obniżenie punktowe, również wyniosło 0,49 m i miało miejsce na punkcie nr 84 zlokalizowanym w gminie Pawłowice przy ul. Śląskiej.
2. Na obszarach górniczych GZW, w III kwartale 2025 r., nie zidentyfikowano wielkoobszarowych wypiętrzeń powierzchni spowodowanych działalnością górniczą. Zidentyfikowano 16 punktowych wypiętrzeń powierzchni, których wielkość dochodziła do

- 0,06 m. Największe wypiętrzenie, wynoszące 0,06 m, zidentyfikowano na punkcie nr 62, zlokalizowanym w gminie Radlin przy ul. Rydułtowskiej.
3. Na obszarach górniczych GZW, w III kwartale 2025 r., zidentyfikowano punktowe przemieszczenia poziome powierzchni, dochodzące do 0,22 m. Największe przemieszczenie poziome, wynoszące 0,22 m w kierunku azymutu 305°, zidentyfikowano na punkcie nr 21, zlokalizowanym w gminie Łaziska Górne przy ul. Torowej.
 4. Na terenach pogórniczych GZW, w III kwartale 2025 r., nie zidentyfikowano przemieszczeń powierzchni będących pochodzenia górniczego.

Zasady korzystania z Raportów GIG-PIB

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2025 roku, poz. 24, t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

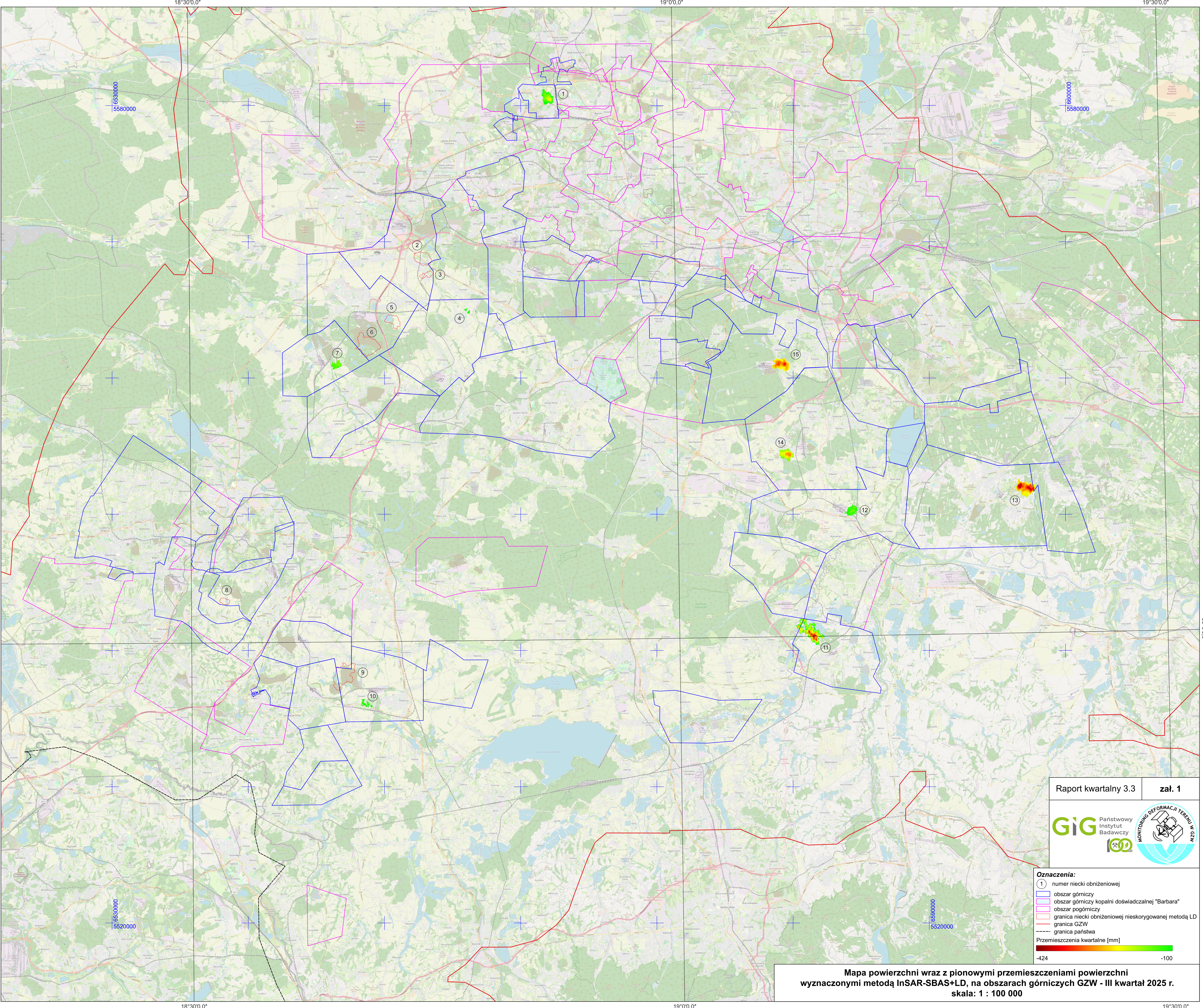
Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- błędną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,*
- wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,*
- wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością,*
- dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.*

6. Literatura

1. Apanowicz B. 2022. *Use of InSAR in Linear Discontinuous Ground Deformation Generation Analysis: Case Study of a Mine in Poland*. Journal of Sustainable Mining, 21(1), 4.
2. Apanowicz B. 2023. *Analiza obniżeń powierzchni na terenach górniczych i pogórnich w aspekcie zasięgu i czasu z wykorzystaniem interferometrii satelitarnej*. Rozprawa doktorska, GIG – PIB, Katowice.
3. Apanowicz B., Milczarek W., Kowalski A. 2025. *Advanced InSAR-SBAS method for determining the extent of mining-induced deformations*. Geocarto International, 40(1), 2523428.
4. Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. 2002. *A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms*. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 40, 2375–2383.
5. Czarnecki K. 2014. *Geodezja współczesna*. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa.
6. Chen C., Zebker H. 2002. *Phase unwrapping for large SAR interferograms: Statistical segmentation and generalized network models*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 40(8), 1709-1719.
7. Farr T., Rosen P., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L., Seal D., Shaffer S., Shimada J., Umland J., Werner M., Oskin M., Burbank D., Alsdorf D. 2007. *The shuttle radar topography mission*. Reviews of Geophysics 45, 1-33.
8. Hanssen R. 2001. *Satellite Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Rozprawa doktorska, Remote Sensing and Digital Image Processing, Springer, Holandia.
9. Kowalski A. (red). 2000. *Eksploracja górnicza a ochrona powierzchni. Doświadczenia z wałbrzyskich kopalń*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.
10. Kowalski A. 2015. *Deformacje powierzchni w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.
11. Massonnet D., Feigl K. L. 1998. *Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface*. Reviews of Geophysics, 36, 441-500.
12. Milczarek W. 2011. *Analiza zmian powierzchni górotworu po zakończeniu eksploatacji górniczej w wybranym rejonie dawnego Wałbrzyskiego Zagłębia*. Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław.
13. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnicztwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. 2023 poz. 1579).
14. Sandwell D., Mellors R., Tong X., Wei M., Wessel P. 2011. *Open radar interferometry software for mapping surface deformation*. EOS, Transactions American Geophysical Union, 92(28), 233-240.
15. Wessel P., Luis J., Uieda L., Scharroo R., Wobbe F., Smith W., Tian D. 2019. *The Generic Mapping Tools version 6*. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20, 5556-5564.
16. Yu, C., Wang, L., Zhu, J. 2018. *Improving InSAR time series analysis by spatial-temporal filtering and atmospheric corrections*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 56(9), 5339-5352.
17. Yu C., Li Z., Penna N.T. 2020. *Triggered afterslip on the southern Hikurangi subduction interface following the 2016 Kaikoura earthquake from InSAR time series with atmospheric corrections*. Remote Sensing of Environment, 251, 112097.



Raport kwartalny 3.3

zał. 1

GiG

Państwowy
Instytut
Badawczy



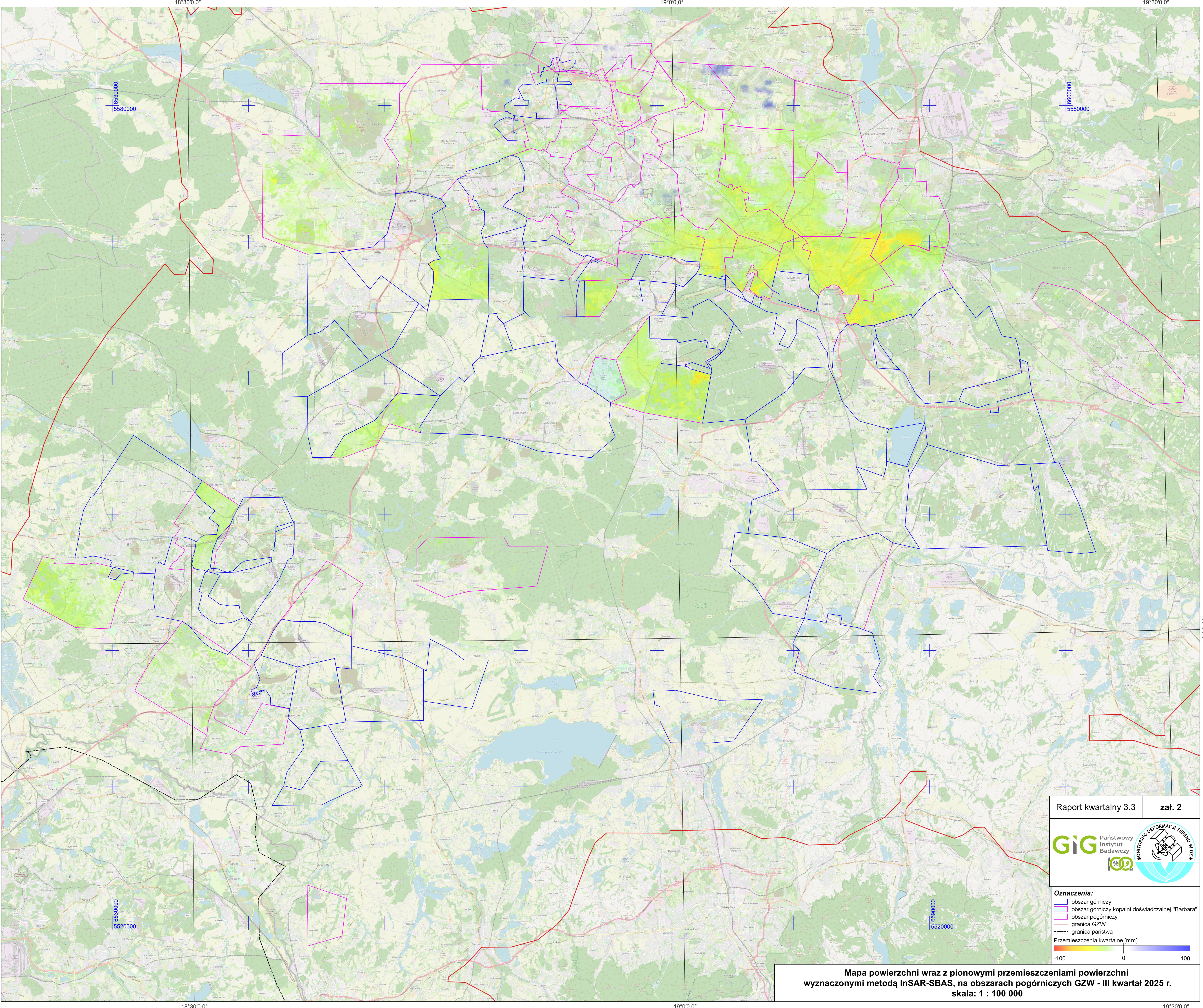
Oznaczenia:

- ① numer niecki obniżeniowej
- obszar górniczy
- obszar górniczy kopalni doświadczalnej "Barbara"
- obszar pogórnicy
- granica niecki obniżeniowej nieskorygowanej metodą LD
- granica GZW
- granica państwa

Przemieszczenia kwartalne [mm]

-424 -100

Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni
wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS+LD, na obszarach górniczych GZW - III kwartał 2025 r.
skala: 1 : 100 000



Report quarterly 3.3

zał. 2

GiG

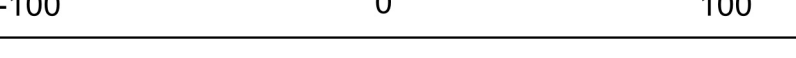
Państwowy
Instytut
Badawczy



Oznaczenia:

- obszar górniczy
- obszar górniczy kopalni doświadczalnej "Barbara"
- obszar pogórnicy
- granica GZW
- granica państwa

Przemieszczenia kwartalne [mm]



Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni
wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS, na obszarach pogórnich GZW - III kwartał 2025 r.
skala: 1 : 100 000